REALIZZAZIONE DI UN GENERATORE FOTOVOLTAICO 287,020 kWp INTEGRATO C/O COPERTURA FABBRICATO OFFICINA CON ANNESSI E PENSILINA RICOVERO AUTOMEZZI

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione Tecnica e di Calcolo

OHSAS 18001

UFFICIO TECNICO
via dell'Artigianato, 32 – 57122 Livorno Tel. 0586 416111 – fax 0586 416285
aamps@aamps.livorno.it – www.aamps.livorno.it

Sommario

1 NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale;
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici; in particolare, la CEI EN 61215 per moduli al silicio cristallino e la CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e per il convertitore c.c./c.a.;
- UNI 10349, o Atlante Europeo della Radiazione Solare, per il dimensionamento del campo fotovoltaico;
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici.

Si richiamano, inoltre, le norme EN 60439-1 e IEC 439 per quanto riguarda i quadri elettrici, le norme CEI 110-31 e le CEI 110-28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal convertitore c.c./c.a., le norme CEI 110-1, le CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF.
Circa la sicurezza e la prevenzione degli infortuni, si ricorda:

- il DPR 547/55 e il D.Lgs. 626/94 e successive modificazioni e integrazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- Decreto Ministeriale n°37 del 22/01/2008;
- Legge 46/90 447/91 (regolamento di attuazione della legge 46/90) e successive modificazioni e integrazioni, per la sicurezza elettrica (articoli ancora in vigore).

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l’esercizio dell’impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

- norma CEI 11-20 per il collegamento alla rete pubblica, con particolare riferimento al paragrafo 5.1 (IV edizione, agosto 2000);
- legge 133/99, articolo 10, comma 7, per gli aspetti fiscali: il comma prevede che l’esercizio

di impianti da fonti rinnovabili di potenza non superiore a 20 kW, anche collegati alla rete, non è soggetto agli obblighi della denuncia di officina elettrica per il rilascio della licenza di esercizio e che l'energia consumata, sia autoprodotta che ricevuta in conto scambio, non è sottoposta all'imposta erariale e alle relative addizionali;

- deliberazione n. 224/00 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas del 6 dicembre 2000, per gli aspetti tariffari: l'utente può optare per il regime di scambio dell'energia elettrica con il distributore; in tal caso, si applica la: "Disciplina delle condizioni tecnico- economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW (Deliberazione 224/00)".

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

2 DIMENSIONAMENTO, PRESTAZIONI E GARANZIE

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 (o dell'Atlante Europeo della Radiazione Solare) e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.
Gli impianti di potenza compresa tra 1 kWp e 50 kWp verranno progettati per avere una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 75% del valore della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle condizioni STC.
Per gli impianti di potenza superiore a 50 kWp ed inferiore a 1.000 kWp verranno invece rispettate le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{STC}$$

In cui:
P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm$2%;
P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
I è l'irraggiamento espresso in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm$3;
I_{STC} pari a 1000 W/m^2 è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;
Tale condizione sarà verificata per I >. 600 W/m^2.

$$P_{ca} > 0.9 * P_{cc}$$

In cui:
P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione con precisione migliore del $\pm$2%;
Tale condizione sarà verificata per P_{ca} > 90% della potenza di targa del gruppo di conversione.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.
Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

3 ANALISI DELL’IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a 287020 Wp, nell’ambito del bando pubblico per la concessione di contributi in attuazione della Legge 10/91, promosso dal Ministero dell’Ambiente.

Dati relativi al committente	
Committente:	AAMPS
Indirizzo:	VIA ARTIGIANATO 32 - 57121 LIVORNO
Recapito telefonico:	0586416111
Codice fiscale:	01168310496 / 01168310496

Località di realizzazione dell’intervento	
Indirizzo:	VIA ARTIGIANATO, LIVORNO
Destinazione d’uso dell’immobile:	Altro:
Potenza contrattuale:	1581,00 kW
Tariffa:	ORARIA
Numero contatore ENEL Distribuzione S.p.A.:	00109113
Intestatario utenza:	A.AM.P.S.
Tipologia fornitura:	TRIFASE

Dati relativi al posizionamento del generatore FV1	
Posizionamento del generatore FV:	Installazione su tetto piano (integrato architettonicamente)
Angolo di azimut del generatore FV:	-25° EST (-25°)
Angolo di tilt del generatore FV:	0°
Dati relativi al posizionamento del generatore FV2	

Posizionamento del generatore FV:	Installazione su tetto piano (integrato architettonicamente)
Angolo di azimut del generatore FV:	66°
Angolo di tilt del generatore FV:	6°
Dati relativi al posizionamento del generatore FV3	
Posizionamento del generatore FV:	Installazione su tetto piano (integrato architettonicamente)
Angolo di azimut del generatore FV:	-114°
Angolo di tilt del generatore FV:	6°
Fattore di albedo:	Asfalto invecchiato
Fattore di riduzione delle ombre K_{ombre}:	0,95

SITO DI INSTALLAZIONE

Il campo fotovoltaico sarà esposto, con un orientamento azimutale a -25°/66°/-114° rispetto al sud e avrà una inclinazione rispetto all'orizzontale di 0/6° (tilt).
Tale esposizione è la più idonea al fine di massimizzare l'energia producibile. L'impianto sarà installato sulla copertura di un edificio industriale e tettoia ricovero mezzi non soggetti a vincoli paesaggistici.
E' stato scelto un fattore di riduzione delle ombre pari a 0,95, garantendo così che le perdite di energia derivanti da fenomeni di ombreggiamento non siano superiori al 5% su base annua.

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da 1724 moduli, suddivisi in:

N° 597 MODULI FOTOVOLTAICI UNI-SOLAR DA 144Wp;
N° 359 MODULI FOTOVOLTAICI UNI-SOLAR DA 68Wp;
N° 768 MODULI FOTOVOLTAICI TRINA-SOLAR DA 230Wp;

Modulo da 144Wp 5486x394mm=2,161m² x 597PV=1.290m²
Modulo da 68Wp 2849x394mm=1,122m² x 359PV=402m²

Modulo da 230Wp 1650x992mm=1,636 x 768PV=1.256m²

per una superficie totale dell'impianto di 2.949,355 m².
Inoltre si prevede di adottare una conversione di stringa e quindi di utilizzare un numero di convertitori statici pari a 23.

CALCOLO DEL FABBISOGNO

L'utente negli ultimi tre anni ha consumato mediamente 12.000.000 kWh. Tale calcolo è stato eseguito sulla base dei consumi fatturati dal Distributore dell'Energia Elettrica.

RADIAZIONE SOLARE E ANALISI DELLE OMBRE

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di LIVORNO.
In base alla Norma UNI 10349 la località che meglio identifica quanto sopra esposto è LIVORNO.
E' stato scelto un fattore di riduzione delle ombre pari a 0,95.

Irraggiamento solare a LIVORNO (OFFICINA CON ANNESSI)

In base alla norma UNI 10349 e calcolato su moduli esposti a -25° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 0°.

Fattore di albedo scelto: Asfalto invecchiato

Mese	***Giornaliero***				***Mensile***
	Radiazione Diretta (Wh/m²)	*Radiazione Diffusa (Wh/m²)*	*Radiazione Riflessa (Wh/m²)*	**Totale** (Wh/m²)	**Totale** (kWh/m²)
Gennaio	778	722	0	**1500**	**46**
Febbraio	1278	1028	0	**2306**	**65**
Marzo	2000	1444	0	**3444**	**107**
Aprile	3111	1861	0	**4972**	**149**
Maggio	4167	2083	0	**6250**	**194**
Giugno	4639	2194	0	**6833**	**205**
Luglio	5361	1917	0	**7278**	**226**
Agosto	4417	1778	0	**6194**	**192**
Settembre	3139	1472	0	**4611**	**138**
Ottobre	2028	1111	0	**3139**	**97**
Novembre	917	806	0	**1722**	**52**
Dicembre	667	639	0	**1306**	**40**
Tot. annuale					**1511**

Irraggiamento solare a LIVORNO (TETTOIA FALDA 1)

In base alla norma UNI 10349 e calcolato su moduli esposti a 66° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 6°.

Fattore di albedo scelto: Asfalto invecchiato

Mese	***Giornaliero***				***Mensile***
	Radiazione Diretta (Wh/m^2)	*Radiazione Diffusa (Wh/m^2)*	*Radiazione Riflessa (Wh/m^2)*	**Totale** (Wh/m^2)	**Totale** (kWh/m^2)
Gennaio	866	720	0	**1587**	**49**
Febbraio	1375	1025	1	**2401**	**67**
Marzo	2089	1440	1	**3531**	**109**
Aprile	3175	1856	1	**5032**	**151**
Maggio	4189	2078	2	**6268**	**194**
Giugno	4634	2188	2	**6824**	**205**
Luglio	5370	1911	2	**7283**	**226**
Agosto	4477	1773	2	**6252**	**194**
Settembre	3247	1468	1	**4716**	**141**
Ottobre	2159	1108	1	**3268**	**101**
Novembre	1011	803	0	**1815**	**54**
Dicembre	752	637	0	**1389**	**43**
Tot. annuale					**1536**

Irraggiamento solare a LIVORNO (TETTOIA FALDA 2)

In base alla norma UNI 10349 e calcolato su moduli esposti a 246°(-114) rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 6°.

Fattore di albedo scelto: Asfalto invecchiato

Mese	***Giornaliero***				***Mensile***
	Radiazione Diretta (Wh/m^2)	*Radiazione Diffusa (Wh/m^2)*	*Radiazione Riflessa (Wh/m^2)*	**Totale** (Wh/m^2)	**Totale** (kWh/m^2)
Gennaio	778	722	0	**1500**	**46**
Febbraio	1278	1028	0	**2306**	**65**
Marzo	2000	1444	0	**3444**	**107**
Aprile	3111	1861	0	**4972**	**149**
Maggio	4167	2083	0	**6250**	**194**
Giugno	4639	2194	0	**6833**	**205**
Luglio	5361	1917	0	**7278**	**226**
Agosto	4417	1778	0	**6194**	**192**
Settembre	3139	1472	0	**4611**	**138**
Ottobre	2028	1111	0	**3139**	**97**
Novembre	917	806	0	**1722**	**52**
Dicembre	667	639	0	**1306**	**40**
Tot. annuale					**1511**

4 SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI

GENERATORE FOTOVOLTAICO 1

Il generatore fotovoltaico si comporrà di moduli del tipo “UNISOLAR PVL-144” con una vita utile stimata di oltre 20 anni senza degrado significativo delle prestazioni.
Le altre caratteristiche del generatore fotovoltaico sono:

Numero moduli:	597
Potenza nominale	144 Wp
Celle:	Silicio Amorfo alta efficienza
Tensione circuito aperto V_{OC}	46,20 V
Corrente di corto circuito I_{SC}	5, 3 A
Tensione V_{MP}	33,0 V
Corrente I_{MP}	4,36 A
Grado di efficienza:	6,666 %
Dimensioni:	5486 mm x 394 x 4 mm = 1,636 m^2

Il generatore fotovoltaico si comporrà di moduli del tipo “UNISOLAR PVL-68” con una vita utile stimata di oltre 20 anni senza degrado significativo delle prestazioni.
Le altre caratteristiche del generatore fotovoltaico sono:

Numero moduli:	359
Potenza nominale	68 Wp
Celle:	Silicio Amorfo alta efficienza
Tensione circuito aperto V_{OC}	23,1 V
Corrente di corto circuito I_{SC}	5,1 A
Tensione V_{MP}	16,5 V
Corrente I_{MP}	4,1 A
Grado di efficienza:	6,06 %
Dimensioni:	2849 mm x 394 x 4 mm = 1,122 m^2

GENERATORE FOTOVOLTAICO 2/3

Il generatore fotovoltaico si comporrà di moduli del tipo “TRINA TSM PC05 230” con una vita utile stimata di oltre 20 anni senza degrado significativo delle prestazioni.
Le altre caratteristiche del generatore fotovoltaico sono:

Numero moduli:	768
Potenza nominale	230 Wp
Celle:	Silicio Silicio policristallino alta efficienza
Tensione circuito aperto V_{OC}	37 V
Corrente di corto circuito I_{SC}	8,26 A
Tensione V_{MP}	29,8 V
Corrente I_{MP}	7,72 A
Grado di efficienza:	14,1 %
Dimensioni:	1650 mm x 992 mm x 46 mm = 1,636 m²

La **potenza complessiva** da raggiungere sarà:

597 x 144 Wp = 85.968 Wp;
359 x   68 Wp = 24.412 Wp;
768 x 230 Wp =176.640 Wp.

Per un Totale di 287.020 Wp

Pertanto il campo fotovoltaico sarà configurato con serie e parallelo di moduli fotovoltaici fino al raggiungimento della potenza complessiva meglio specificata negli schemi elettrici uni/multifilari allegati.
I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d’esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall’inverter.
I moduli saranno forniti di diodi di by-pass. Ogni stringa di moduli sarà munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.
La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi

scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI

Il piano dei moduli è inclinato rispetto all'orizzontale di 0/6 ° (tilt) e ha un orientamento azimutale a –25/66/-114 ° rispetto al sud. I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato e strutture di alluminio aderenti al piano di copertura, ed avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura saranno praticati avendo cura di ripristinare la tenuta stagna dell'attuale copertura, e dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h. La scelta della tipologia della struttura di sostegno è stata effettuata in funzione dell'ubicazione dei moduli che sarà in Installazione su rifacimento copertura e tettoia (integrato architettonicamente).

GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dal convertitore statico (Inverter).
Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto
Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza);
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8;

- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico;
- Conformità marchio CE;
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65);
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto;
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV;
- Efficienza massima ≥ 90 % al 70% della potenza nominale;

Il gruppo di conversione sarà composto da n° 20 inv erter tipo “POWER ONE PVI-12.5 e n° 3 inverter tipo “POWER ONE PVI-10.0 Outdoor-FS”, di cui n°11 con dispositivo di messa a terra del polo negativo idoneo per impianti con film amorfo.

Le caratteristiche tecniche dell'inverter scelto sono le seguenti:

PARAMETRI DI INGRESSO (Lato DC)	
Potenza nominale DC [kW]	***13,0***
Potenza massima DC consigliata [kW]	***14,3***
Range operativo per MPPT [Vdc]	***Da 200 a 850 (580 nominale)***
Range operativo per MPPT a piena potenza [Vdc]	***Da 360 a 750***
Tensione di ingresso massima [Vdc]	***850***
Tensione di attivazione [Vdc]	***360 nominale (selezionabile da 250 a 500)***
Numero di canali MPPT indipendenti	***2***
Potenza massima per ciascun MPPT [kW]	***8***
Numero di ingressi	***6(3 per MPPT1 + 3 per MPPT2)***
Corrente massima per ciascun MPPT [Adc]	***18 (22 cortocircuito)***

PARAMETRI DI USCITA (Lato AC)	
Potenza nominale AC [kW]	***12,5***
Potenza massima AC [kW]	***13,8***
Connessione di rete AC monofase	***(Trifase 400Vac, con Neutro, Terra)***
Tensione di uscita AC nominale [Vac]	***3x400***
Range di tensione AC di esercizio [Vac]	***311-456***
Frequenza di rete nominale [Hz]	***50***
Corrente di uscita massima [A]	***20 (22 cortocircuito)***

Efficienza:	> 97,8 %
Peso:	38 kg

QUADRI ELETTRICI

- **Quadro lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica ENEL Distribuzione S.p.A..

CAVI ELETTRICI E DI CABLAGGIO

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame in ragione di 1,5 mm x 1 A
- Tipo FG7 se in esterno o in cavidotti su percorsi interrati
- tipo N07V-K se all'interno di cavidotti di edifici
- Tipo FG7H2R Cavo antifrode dall'inverter al contatore tariffa incentivante (se richiesta da UTIF)

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL, grado d'isolamento di 4 kV.
Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)

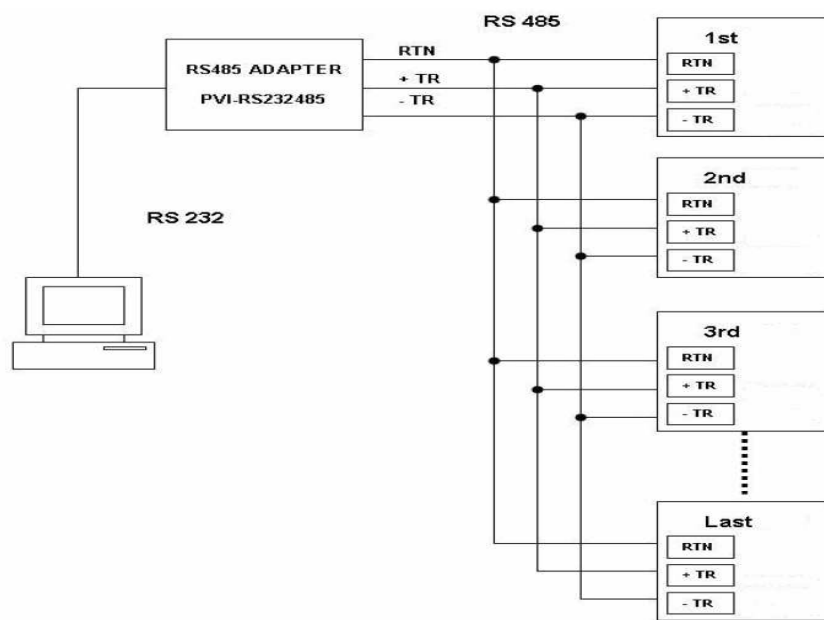
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con “+” e del negativo con “–“

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio del sistema, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l’impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E’ possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

Connessione Singola o multipla daisy-chain

La morsettiera RS-485 può essere usata per collegare un singolo inverter AURORA oppure più

inverter AURORA collegati in catena (daisy-chain). Il numero massimo di inverter che possono essere collegati in daisy-chain è 31. La lunghezza massima raccomandata di questa catena è di 1000 metri.

L’ultimo inverter della catena deve avere il contatto di terminazione della linea attivato. La resistenza da 120ohm deve essere quindi presente nell’ultima “torre” di inverter della catena.

5 IMPIANTO DI MESSA A TERRA (MAT)

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua solo nel caso di impianti monofase.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra già esistente dell'edificio.

6 DIMENSIONAMENTO DELL’IMPIANTO

IMPIANTO FV1-A

In base alle norme UNI 8477-1 e UNI 10349, l’irraggiamento calcolato su moduli esposti a -25° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all’orizzontale di 0° con un fattore di albedo scelto: **Asfalto invecchiato** risulta essere pari a 1511 kWh/m².
La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) risulta essere:

$$P_{STC} = P_{MODULO} \times N°_{MODULI} = 144 \times 597 = 85968 \text{ Wp}$$

Considerando un’efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 80% che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali: maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione la potenza sul lato c.a. sarà uguale a:

$$P_{CA} = P_{STC} \times 80\% = 68774 \text{ Wp}$$

L’energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$E\ [kWh/anno] = (I \times A \times K_{ombre} \times R_{MODULI} \times R_{BOS})$$

In cui: I = irraggiamento medio annuo = 1511 kWh/m²
A = superficie totale dei moduli = 1256 m²
K_{ombre} = Fattore di riduzione delle ombre = 0,95.
R_{MODULI} = rendimento di conversione dei moduli = 6,666%
R_{BOS} = rendimento del B.O.S. = 80%

Pertanto, applicando la formula abbiamo:

E = (1511 x 1256 x 0,95 x 6,666% x 80%) = 96.146 kWh/anno

IMPIANTO FV1-B

In base alle norme UNI 8477-1 e UNI 10349, l'irraggiamento calcolato su moduli esposti a -25° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 0° con un fattore di albedo scelto: **Asfalto invecchiato** risulta essere pari a 1511 kWh/m².
La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) risulta essere:

$$P_{STC} = P_{MODULO} \times N°_{MODULI} = 68 \times 359 = 24412 \text{ Wp}$$

Considerando un'efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 80% che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali: maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione la potenza sul lato c.a. sarà uguale a:

$$P_{CA} = P_{STC} \times 80\% = 19529 \text{ Wp}$$

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$E\ [\text{kWh/anno}] = (I \times A \times K_{ombre} \times R_{MODULI} \times R_{BOS})$$

In cui: I = irraggiamento medio annuo = 1511 kWh/m²
A = superficie totale dei moduli = 402 m²
K_{ombre} = Fattore di riduzione delle ombre = 0,95.
R_{MODULI} = rendimento di conversione dei moduli = 6,06%
R_{BOS} = rendimento del B.O.S. = 80%

Pertanto, applicando la formula abbiamo:

E = (1511 x 402 x 0,95 x 6,06% x 80%) = 27.975 kWh/anno

IMPIANTO FV2

In base alle norme UNI 8477-1 e UNI 10349, l'irraggiamento calcolato su moduli esposti a 66° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 6° con un fattore di albedo scelto: **Asfalto invecchiato** risulta essere pari a 1536 kWh/m².
La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) risulta essere:

$$\mathbf{P_{STC} = P_{MODULO} \times N°_{MODULI} = 230 \times 384 = 88320\ Wp}$$

Considerando un'efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 80% che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali: maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione la potenza sul lato c.a. sarà uguale a:

$$\mathbf{P_{CA} = P_{STC} \times 80\% = 70656\ Wp}$$

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$\mathbf{E\ [kWh/anno] = (I \times A \times K_{ombre} \times R_{MODULI} \times R_{BOS})}$$

In cui: I = irraggiamento medio annuo = 1536 kWh/m²
A = superficie totale dei moduli = 645 m²
K_{ombre} = Fattore di riduzione delle ombre = 0,95.
R_{MODULI} = rendimento di conversione dei moduli = 14,1%
R_{BOS} = rendimento del B.O.S. = 80%

Pertanto, applicando la formula abbiamo:

E = (1536 x 645 x 0,95 x 14,1% x 80%) = 106.165 kWh/anno

IMPIANTO FV3

In base alle norme UNI 8477-1 e UNI 10349, l'irraggiamento calcolato su moduli esposti a -114° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 6° con un fattore di albedo scelto: **Asfalto invecchiato** risulta essere pari a 1511 kWh/m².
La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25℃ di temperatura) risulta essere:

$$\mathbf{P_{STC} = P_{MODULO} \times N°_{MODULI} = 230 \times 384 = 88320\ Wp}$$

Considerando un'efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 80% che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali: maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione la potenza sul lato c.a. sarà uguale a:

$$\mathbf{P_{CA} = P_{STC} \times 80\% = 70656\ Wp}$$

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$\mathbf{E\ [kWh/anno] = (I \times A \times K_{ombre} \times R_{MODULI} \times R_{BOS})}$$

In cui: I = irraggiamento medio annuo = 1511 kWh/m²
A = superficie totale dei moduli = 645 m²
K_{ombre} = Fattore di riduzione delle ombre = 0,95.
R_{MODULI} = rendimento di conversione dei moduli = 14,1%
R_{BOS} = rendimento del B.O.S. = 80%

Pertanto, applicando la formula abbiamo:

E = (1511 x 645 x 0,95 x 14,1% x 80%) = 104.437 kWh/anno

Il valore di ***334.723 kWh/anno*** dichiarato dal costruttore è l'energia che il sistema fotovoltaico produrrà in un anno, se non vi sono interruzioni nel servizio e/o rilevanti variazioni climatiche e/o scarsa manutenzione ordinarie e straordinaria.

I misuratori di energia prodotta saranno due:

- un misuratore dell’energia totale prodotta dal sistema fotovoltaico, fornito e posato a cura dell’installatore dell’impianto, sul quadro della c.a. del sistema, oppure direttamente integrato nell’inverter (display).
- un contatore di energia di tipo elettronico con visualizzazione della quantità di energia ceduta alla rete elettrica esterna, e sarà posto a cura del Distributore di Energia Elettrica. Le predisposizioni murarie saranno a cura dell’installatore dell’impianto FV.

7 VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

a) condizione da verificare: $P_{cc} > 0,85*P_{nom} *I / I_{STC}$;

in cui:

- P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del ± 2%;
- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento [W/m²] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del ± 3%;
- I_{STC}, pari a 1000 W/m², è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione deve essere verificata per I > 600 W/m².

b) condizione da verificare: $P_{ca} > 0,9*P_{cc}$;

in cui:

- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente generata dai moduli fotovoltaici continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2%.

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento (I) sul piano dei moduli superiore a 600 W/m².
Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia posteriore dei medesimi, superiore a 40 ℃, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa. In questo caso la condizione a) precedente diventa:

a') $P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) * P_{nom} * I / I_{STC}$

Ove P_{tpv} indica le perdite termiche del generatore fotovoltaico (desunte dai fogli di dati dei moduli), mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono tipicamente assunte pari all'8%.
Le perdite termiche del generatore fotovoltaico P_{tpv}, nota la temperatura delle celle fotovoltaiche T_{cel}, possono essere determinate da:

- $P_{tpv} = (T_{cel} - 25) * \gamma / 100$

oppure, nota la temperatura ambiente T_{amb} da:

- $P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) * I / 800] * \gamma / 100$

in cui:

- γ: Coefficiente di temperatura di potenza (parametro, fornito dal costruttore, per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a 0,4÷0,5 %/℃).
- NOCT: Temperatura nominale di lavoro della cella (parametro, fornito dal costruttore, è tipicamente pari a 40÷50℃, ma può a rrivare a 60 ℃ per moduli in vetrocamera).
- T_{amb}: Temperatura ambiente; nel caso di impianti in cui una faccia del modulo sia esposta all’esterno e l’altra faccia sia esposta all’interno di un edificio (come accade

nei lucernai a tetto), la temperatura da considerare sarà la media tra le due temperature.

- T_{cel}:è la temperatura delle celle di un modulo fotovoltaico; può essere misurata mediante un sensore termoresistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo.

8 ALCUNE CONSIDERAZIONI SUGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

La produzione di energia elettrica per conversione fotovoltaica dell’energia solare non causa immissione di sostanze inquinanti nell’atmosfera ed ogni kWh prodotto con fonte fotovoltaica consente di evitare l'emissione nell'atmosfera di 0,3 - 0,5 kg di CO_2 (gas responsabile dell’effetto serra, prodotto con la tradizionale produzione termoelettrica che, in Italia, rappresenta l’80% circa della generazione elettrica nazionale).

VARIE

Sarà applicata, in fase di lavori, la seguente cartellonistica :

- QUADRO ELETTRICO GENERALE;
- PERICOLO;
- QUADRO ELETTRICO;
- NON USARE ACQUA PER SPEGNERE INCENDI;
- ATTENZIONE DOPPIA ALIMENTAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO;
- SEGNALAZIONE DEI CONDUTTORI CHE RIMANGONO IN TENSIONE ACHE QUANDO VIENE TOLTA LA TENSIONE A CAUSA PRODUZIONE FOTOVOLTAICA.

SGANCIO GENERALE DI EMERGENZA VVF

In prossimità dell’ingresso e/o zona idonea facilmente raggiungibile, verrà posto un pulsante sotto vetro frangibile per emergenza V.V.F.

Il suo azionamento avviene rompendo il vetro. La rottura del vetro provocherà la chiusura del contatto e la conseguente alimentazione della bobina di sgancio presente sull’interruttore generale ubicato nel quadro BASSA TENSIONE QE01 (Lato AC) e nei QUADRI DI STRINGA FOTOVOLTAICA (Lato DC).

Tale pulsante, di colore rosso, sarà alloggiato in un contenitore, anch’esso di colore rosso, con

grado di protezione IP55 e vetro frangibile. E’ importante rilevare che l’azionamento del pulsante di emergenza provoca l’apertura dell’interruttore generale dell’impianto e non la fornitura (PDC) dell’Ente Erogatore che si trova all’interno dell’attività.

9 GLOSSARIO

Definizioni Generali Rete Di Distribuzione

Distributore:
Persona fisica o giuridica responsabile dello svolgimento di attività e procedure che determinano il funzionamento e la pianificazione della rete elettrica di distribuzione di cui è proprietaria.
Rete del distributore:
Rete elettrica di distribuzione AT, MT e BT alla quale possono collegarsi gli utenti.
Rete BT del distributore:
Rete a tensione nominale superiore a 50 V fino a 1.000 V compreso in c.a.
Rete MT del distributore:
Rete a tensione nominale superiore a 1.000 V in c.a. fino a 30.000 V compreso.
Utente:
Soggetto che utilizza la rete del distributore per cedere o acquistare energia elettrica.
Gestore di rete:
Il Gestore di rete è la persona fisica o giuridica responsabile, anche non avendone la proprietà, della gestione della rete elettrica con obbligo di connessione di terzi a cui è connesso l'impianto (Deliberazione dell'AEEG n. 28/06).
Gestore Contraente:
Il Gestore Contraente è l'impresa distributrice competente nell'ambito territoriale in cui è ubicato l'impianto fotovoltaico (Deliberazione dell'AEEG n. 28/06).
Soggetto responsabile:
Il soggetto responsabile è la persona fisica o giuridica responsabile della realizzazione e dell'esercizio dell'impianto fotovoltaico.

Definizioni Generali Impianti Fotovoltaici

Angolo di inclinazione (o di Tilt):
Angolo di inclinazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al piano orizzontale (da IEC/TS 61836).
Angolo di orientazione (o di azimut):
L'angolo di orientazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al meridiano corrispondente. In pratica, esso misura lo scostamento del piano rispetto all'orientazione verso SUD (per i siti nell'emisfero terrestre settentrionale) o verso NORD (per i siti nell'emisfero meridionale). Valori positivi dell'angolo di azimut indicano un orientamento verso ovest e valori negativi indicano un orientamento verso est (CEI EN 61194).
BOS (Balance Of System o Resto del sistema):
Insieme di tutti i componenti di un impianto fotovoltaico, esclusi i moduli fotovoltaici.
Generatore o Campo fotovoltaico:
Insieme di tutte le schiere di moduli fotovoltaici in un sistema dato (CEI EN 61277).
Cella fotovoltaica:
Dispositivo fotovoltaico fondamentale che genera elettricità quando viene esposto alla radiazione solare (CEI EN 60904-3). Si tratta sostanzialmente di un diodo con grande superficie di giunzione, che esposto alla radiazione solare si comporta come un generatore di corrente, di valore proporzionale alla radiazione incidente su di esso.

Condizioni di Prova Standard (STC):
Comprendono le seguenti condizioni di prova normalizzate (CEI EN 60904-3):
– Temperatura di cella: 25 °C ±2 °C.
– Irraggiamento: 1000 W/m2, con distribuzione spettrale di riferimento (massa d'aria AM 1,5).
Effetto fotovoltaico:
Fenomeno di conversione diretta della radiazione elettromagnetica (generalmente nel campo della luce visibile e, in particolare, della radiazione solare) in energia elettrica mediante formazione di coppie elettrone-lacuna all'interno di semiconduttori, le quali determinano la creazione di una differenza di potenziale e la conseguente circolazione di corrente se collegate ad un circuito esterno.
Efficienza nominale di un generatore fotovoltaico:
Rapporto fra la potenza nominale del generatore e l'irraggiamento solare incidente sull'area totale dei moduli, in STC; detta efficienza può essere approssimativamente ottenuta mediante rapporto tra la potenza nominale del generatore stesso (espressa in kWp) e la relativa superficie (espressa in m2), intesa come somma dell'area dei moduli.
Efficienza nominale di un modulo fotovoltaico:
Rapporto fra la potenza nominale del modulo fotovoltaico e il prodotto dell'irraggiamento solare standard (1000 W/m2) per la superficie complessiva del modulo, inclusa la sua cornice.
Efficienza operativa media di un generatore fotovoltaico:
Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.c. dal generatore fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.
Efficienza operativa media di un impianto fotovoltaico:
Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.a. dall'impianto fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.
Energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico:
L'energia elettrica (espressa in kWh) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.
Gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o Inverter):
Apparecchiatura, tipicamente statica, impiegata per la conversione in corrente alternata della corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico.
Impianto (o Sistema) fotovoltaico:
Impianto di produzione di energia elettrica, mediante l'effetto fotovoltaico; esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici (Campo fotovoltaico) e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche e/o di immetterla nella rete del distributore.
Impianto (o Sistema) fotovoltaico collegato alla rete del distributore:
Impianto fotovoltaico in grado di funzionare (ossia di fornire energia elettrica) quando è collegato alla rete del distributore.
Inseguitore della massima potenza (MPPT):
Dispositivo di comando dell'inverter tale da far operare il generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza. Esso può essere realizzato anche con un convertitore statico separato dall'inverter, specie negli impianti non collegati ad un sistema in c.a.
Energia radiante:
Energia emessa, trasportata o ricevuta in forma di onde elettromagnetiche.
Irradiazione:
Rapporto tra l'energia radiante che incide su una superficie e l'area della medesima superficie.
Irraggiamento solare:
Intensità della radiazione elettromagnetica solare incidente su una superficie di area unitaria. Tale intensità è pari all'integrale della potenza associata a ciascun valore di frequenza dello spettro solare (CEI EN 60904-3).
Modulo fotovoltaico:

Il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante (CEI EN 60904-3).

Modulo fotovoltaico in c.a.:

Modulo fotovoltaico con inverter integrato; la sua uscita è solo in corrente alternata: non è possibile l'accesso alla parte in continua (IEC 60364-7-712).

Pannello fotovoltaico:

Gruppo di moduli fissati insieme, preassemblati e cablati, destinati a fungere da unità installabili (CEI EN 61277).

Perdite per mismatch (o per disaccoppiamento):

Differenza fra la potenza totale dei dispositivi fotovoltaici connessi in serie o in parallelo e la somma delle potenze di ciascun dispositivo, misurate separatamente nelle stesse condizioni. Deriva dalla differenza fra le caratteristiche tensione corrente dei singoli dispositivi e viene misurata in W o in percentuale rispetto alla somma delle potenze (da IEC/TS 61836).

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un generatore fotovoltaico:

Potenza elettrica (espressa in Wp), determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime o di picco o di targa) di ciascun modulo costituente il generatore fotovoltaico, misurate in Condizioni di Prova Standard (STC).

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un impianto fotovoltaico:

Per prassi consolidata, coincide con la potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) del suo generatore fotovoltaico.

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un modulo fotovoltaico:

Potenza elettrica (espressa in Wp) del modulo, misurata in Condizioni di Prova Standard (STC).

Potenza effettiva di un generatore fotovoltaico:

Potenza di picco del generatore fotovoltaico (espressa in Wp), misurata ai morsetti in corrente continua dello stesso e riportata alle Condizioni di Prova Standard (STC) secondo definite procedure (CEI EN 61829).

Potenza prodotta da un impianto fotovoltaico:

Potenza di un impianto fotovoltaico (espressa in kW) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

Radiazione solare:

Integrale dell'irraggiamento solare (espresso in kWh/m2), su un periodo di tempo specificato (CEI EN 60904-3).

Sottosistema fotovoltaico:

Parte del sistema o impianto fotovoltaico; esso è costituito da un gruppo di conversione c.c./c.a. e da tutte le stringhe fotovoltaiche che fanno capo ad esso (vedi par. 4.4.1).

Stringa fotovoltaica:

Insieme di moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione d'uscita desiderata.

Temperatura nominale di lavoro di una cella fotovoltaica (NOCT):

Temperatura media di equilibrio di una cella solare all'interno di un modulo posto in particolari condizioni ambientali (irraggiamento: 800 W/m2, temperatura ambiente: 20 °C, velocità del vento: 1 m/s), elettricamente a circuito aperto ed installato su un telaio in modo tale che a mezzogiorno solare i raggi incidano normalmente sulla sua superficie esposta (CEI EN 60904-3).

Articolo 2 (D-M. 19-02-07):

a) impianto o sistema solare fotovoltaico (o impianto fotovoltaico) è un impianto di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della radiazione solare, tramite l'effetto fotovoltaico; esso è composto principalmente da un insieme di moduli fotovoltaici, nel seguito denominati anche moduli, uno o più gruppi di conversione della corrente continua in corrente alternata e altri componenti elettrici minori;
b1) impianto fotovoltaico non integrato è l'impianto con moduli ubicati al suolo, ovvero con moduli collocati, con modalità diverse dalle tipologie di cui agli allegati 2 e 3, sugli elementi di arredo urbano e

viario, sulle superfici esterne degli involucri di edifici, di fabbricati e strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione;
b2) impianto fotovoltaico parzialmente integrato è l'impianto i cui moduli sono posizionati, secondo le tipologie elencate in allegato 2, su elementi di arredo urbano e viario, superfici esterne degli involucri di edifici, fabbricati, strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione;
b3) impianto fotovoltaico con integrazione architettonica è l'impianto fotovoltaico i cui moduli sono integrati, secondo le tipologie elencate in allegato 3, in elementi di arredo urbano e viario, superfici esterne degli involucri di edifici, fabbricati, strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione;
c) potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) dell'impianto fotovoltaico è la potenza elettrica dell'impianto, determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime, o di picco, o di targa) di ciascun modulo fotovoltaico facente parte del medesimo impianto, misurate alle condizioni nominali, come definite alla lettera d);
d) condizioni nominali sono le condizioni di prova dei moduli fotovoltaici nelle quali sono rilevate le prestazioni dei moduli stessi, secondo un protocollo definito dalle norme CEI EN 60904-1 di cui all'allegato 1;
e) energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico è l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, ivi incluso l'eventuale trasformatore, prima che essa sia resa disponibile alle utenze elettriche del soggetto responsabile e/o immessa nella rete elettrica;
f) punto di connessione è il punto della rete elettrica, di competenza del gestore di rete, nel quale l'impianto fotovoltaico viene collegato alla rete elettrica;
g) data di entrata in esercizio di un impianto fotovoltaico è la prima data utile a decorrere dalla quale sono verificate tutte le seguenti condizioni:
g1) l'impianto è collegato in parallelo con il sistema elettrico;
g2) risultano installati tutti i contatori necessari per la contabilizzazione dell'energia prodotta e scambiata o ceduta con la rete;
g3) risultano attivi i relativi contratti di scambio o cessione dell'energia elettrica;
g4) risultano assolti tutti gli eventuali obblighi relativi alla regolazione dell'accesso alle reti;
h) soggetto responsabile è il soggetto responsabile dell'esercizio dell'impianto e che ha diritto, nel rispetto delle disposizioni del presente decreto, a richiedere e ottenere le tariffe incentivanti;
i) soggetto attuatore è il Gestore dei servizi elettrici - GSE Spa, già Gestore della rete di trasmissione nazionale Spa, di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 11 maggio 2004;
j) potenziamento è l'intervento tecnologico eseguito su un impianto entrato in esercizio da almeno due anni, consistente in un incremento della potenza nominale dell'impianto, mediante aggiunta di moduli fotovoltaici la cui potenza nominale complessiva sia non inferiore a 1 kW, in modo da consentire una produzione aggiuntiva dell'impianto medesimo, come definita alla lettera k);
k) produzione aggiuntiva di un impianto è l'aumento, ottenuto a seguito di un potenziamento ed espresso in kWh, dell'energia elettrica prodotta annualmente, di cui alla lettera e), rispetto alla produzione annua media prima dell'intervento, come definita alla lettera l); per i soli interventi di potenziamento su impianti non muniti del gruppo di misura dell'energia prodotta, la produzione aggiuntiva è pari all'energia elettrica prodotta dall'impianto a seguito dell'intervento di potenziamento, moltiplicata per il rapporto tra l'incremento di potenza nominale dell'impianto, ottenuto a seguito dell'intervento di potenziamento, e la potenza nominale complessivadell'impianto a seguito dell'intervento di potenziamento;
l) produzione annua media di un impianto è la media aritmetica, espressa in kWh, dei valori dell'energia elettrica effettivamente prodotta, di cui alla lettera e), negli ultimi due anni solari, al netto di eventuali periodi di fermata dell'impianto eccedenti le ordinarie esigenze manutentive;
m) rifacimento totale è l'intervento impiantistico-tecnologico eseguito su un impianto entrato in esercizio da almeno venti anni che comporta la sostituzione con componenti nuovi almeno di tutti i moduli fotovoltaici e del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata;
n) piccola rete isolata è una rete elettrica così come definita dall'articolo 2, comma 17, del D. Lgs. 16

marzo 1999, n. 79, e successive modificazioni e integrazioni;
r) servizio di scambio sul posto è il servizio di cui all'articolo 6 del D. Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387, come disciplinato dalla deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 10 febbraio 2006, n. 28/06 ed eventuali successivi aggiornamenti.
2. Valgono inoltre le definizioni riportate all'articolo 2 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79, escluso il comma 15, nonché le definizioni riportate all'articolo 2 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.
Articolo 2, comma 2 (D. Lgs. n°79 del 16-03-99)
Autoproduttore è la persona fisica o giuridica che produce energia elettrica e la utilizza in misura non inferiore al 70% annuo per uso proprio ovvero per uso delle società controllate, della società controllante e delle società controllate dalla medesima controllante, nonché per uso dei soci delle società cooperative di produzione e distribuzione dell'energia elettrica di cui all'articolo 4, numero 8, della legge 6 dicembre 1962, n. 1643, degli appartenenti ai consorzi o società consortili costituiti per la produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili e per gli usi di fornitura autorizzati nei siti industriali anteriormente alla data di entrata in vigore del presente decreto.
Art. 9, comma 1 (D. Lgs. n°79 del 16-03-99) L'attività di distribuzione
Le imprese distributrici hanno l'obbligo di connettere alle proprie reti tutti i soggetti che ne facciano richiesta, senza compromettere la continuità del servizio e purché siano rispettate le regole tecniche nonché le deliberazioni emanate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas in materia di tariffe, contributi ed oneri. Le imprese distributrici operanti alla data di entrata in vigore del presente decreto, ivi comprese, per la quota diversa dai propri soci, le società cooperative di produzione e distribuzione di cui all'articolo 4, numero 8, della legge 6 dicembre 1962, n. 1643, continuano a svolgere il servizio di distribuzione sulla base di concessioni rilasciate entro il 31 marzo 2001 dal Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato e aventi scadenza il 31 dicembre 2030. Con gli stessi provvedimenti sono individuati i responsabili della gestione, della manutenzione e, se necessario, dello sviluppo delle reti di distribuzione e dei relativi dispositivi di interconnessione, che devono mantenere il segreto sulle informazioni commerciali riservate; le concessioni prevedono, tra l'altro, misure di incremento dell'efficienza energetica degli usi finali di energia secondo obiettivi quantitativi determinati con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con il Ministro dell'ambiente entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto.

Definizioni Generali Edifici

"…un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a se stanti". (D. Lgs. n. 19219 agosto 2005, , articolo 2).

Definizioni Generali Elettrotecnica / Fotovoltaico

Ampere [A] :
Unità di misura della corrente elettrica che indica il flusso di elettroni. Equivale a un flusso di carica in un conduttore di un Coulomb per secondo.
Amperora [Ah] :
La quantità di elettricità pari al flusso di una corrente di un ampere per un'ora.
Angolo di azimuth :
Indica la posizione della superficie rispetto all'asse N-S; vale 0° quando la superficie è rivolta a Sud, - 90° se rivolta a Est e 90° se rivolta ad Ovest.

Angolo di declinazione:
È l'angolo compreso fra il raggio solare e il piano dell'Equatore, misurato al mezzogiorno solare. Esso è espresso dalla formula: 5 = 23.5 sen (360 (284 + n) / 365) con n giornoprogressivo dell'anno.
Angolo di elevazione :
Indica la distanza angolare del sole dal piano dell'orizzonte.
Angolo di inclinazione (tilt):
Indica l'angolo formato dalla superficie di captazione dell'energia solare con il piano orizzontale; vale 0° se la superficie è orizzontale e 90° se è perpendicolare al suolo.
Angolo orario:
Indica la distanza angolare del sole dalla retta congiungente sole-terra a mezzogiorno: cambia di 15° ogni ora ed è espresso da co = 15 • (12-ts) dove ts è il valore dell'ora solare.
Angolo d'incidenza:
Angolo che un raggio luminoso, che colpisce una superficie, forma con la perpendicolare alla superficie stessa.
Array:
Campo fotovoltaico.
Azimuth:
Angolo orizzontale misurato in senso orario a partire dal Sud; un Azimuth di 0° indica il Sud; unAzimuth di 90° indica l'Ovest; un Azimuth di -90° indica l'Est.
Campo fotovoltaico:
Un insieme di moduli fotovoltaici, connessi elettricamente tra loro e installati meccanicamente nella loro sede di funzionamento.
Campo a inclinazione fissa:
Campo fotovoltaico la cui struttura di sostegno dei moduli è a inclinazione fissa.
Campo a inseguimento:
Campo fotovoltaico che segue il percorso giornaliero del sole. Può essere un inseguitore su un asse o su due assi.
Capacità della batteria [Ah]:
È la quantità di elettricità che può essere ottenuta, scaricando la batteria a un determinato regime fino a una tensione prestabilita.
Capacità nominale [Ah]:
È la capacità dichiarata dal costruttore per una data batteria. La capacità nominale è riferita al regime di scarica di 10 ore e alla temperatura di 25°C; viene indicata con il simbolo C10.
Cella fotovoltaica:
II materiale semiconduttore che converte la radiazione solare in elettricità: è l'unità base della generazione fotovoltaica.
Ciclo di carica e scarica:
La scarica e la susseguente carica di una batteria.
Collegamento parallelo:
Termine usato per descrivere la connessione di moduli fotovoltaici o di batterie nei quali i morsetti dello stesso segno sono collegati insieme.
Collegamento serie:
Termine usato per descrivere la connessione in serie di moduli fotovoltaici o di batterie.
Convertitore CC/CA, Inverter:
Dispositivo che converte la corrente continua in corrente alternata.
Convertitore CC/CA a commutazione forzata:
Dispositivo di conversione in cui la frequenza della tensione di uscita è imposta da un circuito elettronico oscillatore; può funzionare non connesso alla rete elettrica.
Convertitore CC/CA a commutazione naturale:
Dispositivo di conversione in cui la frequenza della tensione di uscita è imposta dalla rete elettrica; può

funzionare solo se connesso alla rete elettrica.
Corrente, I [A] :
II flusso di carica elettrica in un conduttore tra due punti aventi una differenza di potenziale (tensione).
Corrente di corto circuito, Isc [A]:
Corrente prodotta da un dispositivo fotovoltaico quando i suoi morsetti vengono cortocircuitati.
Curva I-V:
Grafico della caratteristica di corrente in funzione della tensione di un dispositivo fotovoltaico.
Declinazione:
Angolo fra il raggio solare e il piano equatoriale, misurato al mezzogiorno solare.
Diodo:
Componente elettronico che permette alla corrente di fluire solo in una direzione.
Diodo di blocco:
Diodo usato per evitare circolazione di corrente dalle batterie verso il generatore fotovoltaico durante periodi di oscuramento o di bassa produzione del generatore fotovoltaico.
Diodo di Bypass :
Diodo connesso in parallelo a una stringa di moduli in parallelo, allo scopo di fornire un percorso alternativo alla corrente elettrica in caso di oscuramento o di guasto dei moduli.
Dispositivo fotovoltaico:
Cella, modulo, pannello, stringa o campo fotovoltaico.
Dispositivo interfaccia rete:
Dispositivo (DV 604, DV606, etc) richiesto dalla società di distribuzione dell'energia elettrica (ENEL) in Italia per la connessione in parallelo alla rete elettrica di sistemi per la produzione di energia elettrica.
Efficienza [%]:
Rapporto tra la potenza (o l'energia) in uscita e la potenza (o l'energia) in ingresso.
Efficienza di conversione [%]:
Rapporto tra l'energia elettrica prodotta e l'energia solare raccolta da un dispositivo fotovoltaico.
Elevazione:
***A**ngolo di inclinazione.*
Fattore di riempimento, FF [%]:
Rapporto tra la potenza massima e il prodotto dato dalla tensione a circuito aperto per la corrente di corto circuito di un dispositivo fotovoltaico. Tale fattore indica di quanto la forma della curva 1-V del dispositivo si avvicini a un rettangolo.
Fill Factor, FF [%] :
Vedi Fattore di riempimento.
Flat-plate array:
Vedi Campo a inclinazione fissa.
Frequenza (Hertz] :
II numero di volte per unità di tempo in cui si ripete una forma d'onda completa, ad esempio di una corrente.
Generatore fotovoltaico :
Vedi campo fotovoltaico.
Giunzione:
II termine giunzione indica il confine fra regioni di semiconduttore aventi polarità opposte. Se la giunzione è realizzata fra le regioni di uguali semiconduttori essa è detta omogiunzione; qualora essa è realizzata fra le regioni di differenti semiconduttori è detta eterogiunzione.
Grid:
Rete elettrica di distribuzione.
Inseguimento:
Vedi campo ad inseguimento.
Inseguitore del punto di massima potenza, MPPT:

Circuito che mantiene il punto di lavoro del campo fotovoltaico al punto del picco di potenza della curva 1-V, al variare della temperatura e dell'irraggiamento.
Inverter:
Vedi convertitore CC/CA.
Irraggiamento [kW/m2] :
Radiazione solare istantanea incidente sull'unità di superficie.
Isola (dispositivi contro il funzionamento a):
Nel caso di impianti connessi in rete, nel caso in cui il distributore locale di energia elettrica decida, per vari motivi, l'interruzione di energia elettrica, l'impianto fotovoltaico deve interrompere la produzione di energia elettrica. In genere gli inverter hanno un loro dispositivo che provvede a questa funzione. In Italia e in alcuni altri paesi, per impianti di potenza superiore ai 5 kWp, i distributori locali di energia impongono l'installazione di dispositivi supplementari (in Italia denominati DV604 o DV606).
Latitudine:
Fissato un punto sulla Terra, angolo che la normale alla superficie passante per il punto forma con il piano equatoriale; la latitudine si dice Nord se il punto considerato è sull'emisfero settentrionale, Sud se è sull'emisfero meridionale.
Maximum power point tracker, MPPT:
Vedi Inseguitore del punto di massima potenza.
Modulo fotovoltaico:
La più piccola unità rimpiazzabile in un campo fotovoltaico. È integralmente incapsulata in un materiale protettivo e isolante e contiene un certo numero di celle fotovoltaiche.
Normal Operating Cell Temperature, NOCT [°C]:
È la temperatura di un modulo fotovoltaico quando funziona a un irraggiamento di 800 W/m2, temperatura ambiente di 20°C e velocità del vento di 1 m/sec.
Ohm [W] :
Unità di resistenza elettrica equivalente alla resistenza di un circuito nel quale una forza elettromotrice di 1 Volt mantiene in circolazione una corrente di 1 Ampere.
Orientamento:
Posizione del modulo rispetto alle direzioni dei punti cardinali N, S, E, O; la misura dell'orientamento è data dall'azimut.
Pannello fotovoltaico:
Definizione per più moduli assemblati in un'unica struttura meccanica.
Piranometro:
Strumento usato per misurare la radiazione solare globale. Può essere usato per misurare la radiazione incidente sia su una superficie orizzontale che inclinata; in quest'ultimo caso, misurerà anche la radiazione riflessa dal terreno. A termopila: è costituito da un certo numero di termocoppie in serie, che producono una tensione di uscita proporzionale all'intensità della radiazione solare incidente; a effetto fotovoltaico: è costituito da un dispositivo fotovoltaico realizzato con silicio mono o policristallino che produce una tensione di uscita proporzionale all'intensità della radiazione solare incidente.
Piranometro con banda ombreggiante:
Strumento per la misura della radiazione solare diffusa. Misura la radiazione globale con esclusione della componente diretta, esclusa dalla banda ombreggiante.
Pireliometro:
Strumento usato per misurare la radiazione solare diretta. È in genere posizionato su un sistema che gli consente di essere sempre perpendicolare ai raggi solari (inseguitore solare).
Potenza [W]:
Velocità di produzione o di utilizzazione dell'energia.
Potenza di picco [Wp]:
È la potenza massima prodotta da un dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento (irraggiamento 1000 W/m2 e temperatura 25°C).

Punto di funzionamento:
La corrente e la tensione che un dispositivo fotovoltaico produce sotto carico. Vedi Curva I-V.
Quadro di campo:
o anche di parallelo stringhe, è un quadro elettrico in cui sono convogliate le terminazioni di più stringhe per il loro collegamento in parallelo. In esso vengono installati anche dispositivi per sezionamento e protezione.
Quadro di consegna:
o anche d'interfaccia è un quadro elettrico in cui viene effettuato il collegamento elettrico del gruppo di conversione statica in parallelo alla rete elettrica in bassa tensione. Esso contiene apparecchiature per sezionamento, interruzione, protezione e misura.
Raddrizzatore:
Vedi convertitore CA/CC.
Radiazione diffusa:
Componente della radiazione solare ricevuta da una superficie di captazione dopo la riflessione e la dispersione dovuta all'atmosfera.
Radiazione diretta:
Componente della radiazione solare che colpisce la superficie di captazione con un unico e definito angolo di incidenza.
Radiazione globale:
Somma delle tre componenti della radiazione solare: diretta, diffusa e riflessa. Radiazione riflessa - Componente della radiazione solare ricevuta da una superficie di captazione dopo la riflessione del terreno.
Radiazione solare [kWh/m2]:
È l'energia elettromagnetica che viene emessa dal Sole come conseguenza dei processi di fusione nucleare che in esso avvengono.
Regolatore di carica:
Dispositivo che controlla la velocità di carica e lo stato di carica delle batterie.
Rete pubblica in bassa tensione (BT):
rete di distribuzione dedicata alla distribuzione pubblica in corrente alternata, di tipo monofase o trifase, con tensione nominale da oltre 50 V fino a 1000 V.
Silicio:
Materiale semiconduttore usato per costruire celle fotovoltaiche.
Silicio Amorfo:
Tipo di silicio per celle fotovoltaiche che non ha alcuna struttura cristallina.
Silicio Cristallino:
Un tipo di Silicio a struttura cristallina (monocristallino o policristallino.
Silicio di tipo N:
Silicio avente una struttura cristallina che contiene impurità cariche negativamente.
Silicio di tipo P:
Silicio avente una struttura cristallina che contiene impurità cariche positivamente.
Silicio Monocristallino:
Silicio costituito da un singolo cristallo.
Silicio Policristallino:
Materiale usato per costruire celle fotovoltaiche, avente una struttura a più cristalli.
Sistema fotovoltaico:
Installazione di moduli fotovoltaici e altri componenti progettata per fornire potenza elettrica dalla radiazione solare.
Sistema fotovoltaico connesso in rete:
Sistema fotovoltaico collegato alla rete elettrica di distribuzione.
Sistema fotovoltaico grid-connected:

Vedi sistema fotovoltaico connesso in rete.
Sistema fotovoltaico isolato:
Sistema fotovoltaico non collegato alla rete elettrica di distribuzione.
Sistema fotovoltaico stand-alone:
Vedi sistema fotovoltaico isolato.
Sistema di Condizionamento della Potenza (PCS):
è costituito da un componente principale, il convertitore statico c.c./c.a. (inverter), e da un insieme di apparecchiature di comando, misura, controllo e protezione affinché l'energia trasferita alla rete abbia i necessari requisiti di qualità ed avvenga in condizioni di sicurezza sia per gli impianti che per le persone.
Sottocampo:
È il collegamento elettrico in parallelo di più stringhe.
Stand-Alone:
Vedi sistema fotovoltaico isolato.
Stringa:
Insieme di moduli o pannelli collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione di lavoro del campo fotovoltaico.
Tensione di circuito aperto, Voc [V]:
La tensione massima prodotta da un dispositivo fotovoltaico; si verifica quando non c'è carico applicato.
Vita utile:
II periodo durante il quale un sistema è capace di funzionare a un determinato livello diprestazioni.
Volt [V] :
Unità di misura della forza elettromotrice o della differenza di potenziale tra due punti in un campo elettrico.
Watt [W]:
Unità di misura della potenza elettrica. È la potenza sviluppata in un circuito da una corrente di un ampere che attraversa una differenza di potenziale di un volt. Equivale a 1/746 di Cavallo Vapore (CV).
Watt di Picco [Wp]:
Unità di misura usata per indicare la potenza che un dispositivo fotovoltaico può produrre in condizioni standard di funzionamento (irraggiamento 1000 W/m2 e temperatura 25°C).
Wattora [Wh]:
Unità di misura di energia; equivale a un Watt per un'ora.

10 CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi della legge 37/08;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE

Sono allegati alla presente relazione:

Schemi elettrici, planimetria generale e lay-out di impianto.